

Aspect de la nutrition anionique chez le palmier à huile et le cocotier. Problème du chlore ⁽¹⁾

G. de TAFFIN (2), P. QUENCEZ (3)

Résumé. — L'importance de l'élément chlore dans la nutrition minérale du palmier à huile et du cocotier, mise en évidence en 1971 par Ollagnier et Ochs, est maintenant admise par la plupart des chercheurs. Si sur les sols ferrallitiques d'Afrique de l'Ouest, le potassium constitue l'un des pivots de la fumure du palmier et du cocotier, apporté le plus fréquemment sous la forme de chlorure de potassium, il a pu être démontré, par Ollagnier *et al.*, que le potassium n'est pas toujours nécessaire et que les réponses au chlorure de potassium résultent souvent de l'effet du chlore. A l'issue de l'interprétation des résultats de très nombreuses expériences étudiant, cas par cas, l'effet des apports de chlorure de potassium dans diverses situations, les auteurs ont montré que les teneurs en chlore des feuilles sont, la plupart du temps, étroitement liées à celles en cations, Ca, K, Mg, ou même à l'azote. C'est ainsi que dans les types de sols à calcium échangeable élevé, le chlorure de potassium s'avère souvent inadapté pour corriger une déficience potassique, alors que dans les types de sols à calcium échangeable faible, le chlorure de potassium apparaît, au contraire, comme l'une des formes les plus intéressantes pour corriger une déficience en chlore et une déficience en potassium qui peut lui être associée. Les auteurs montrent, enfin, qu'en l'absence de déficience en chlore, les engrais chlorés, et en particulier le chlorure de potassium, pourront être utilisés sans problèmes.

INTRODUCTION

L'importance de l'élément chlore dans la nutrition du palmier à huile et du cocotier est maintenant admise par la plupart des chercheurs. Il s'agit d'une acquisition récente, puisqu'il faut attendre 1971 pour qu'Ollagnier et Ochs [1] prouvent que le chlore est un élément essentiel dans la nutrition du palmier à huile et émettent l'hypothèse qu'il en est de même pour le cocotier.

Depuis, ces propositions ont été largement confirmées :

- la déficience en chlore est apparue assez généralisée, même dans des zones de culture proches de la mer ;

- ces déficiences sont facilement corrigées par des apports de chlorure, la forme Cl étant très bien assimilée par le palmier à huile et le cocotier.

L'analyse de la donnée chlore intervient ainsi dans l'interprétation de la plupart des expériences de nutrition minérale, que son étude soit ou non inscrite de façon précise au protocole.

Sur sols ferrallitiques d'Afrique de l'Ouest, les sables tertiaires et quaternaires, le potassium constitue l'un des pivots de la fumure du palmier et du cocotier et le chlorure de potassium en est la forme d'apport la plus fréquente car la plus économique, en même temps qu'il fournit le chlore en complément.

Par contre, en diverses autres situations de la ceinture équatoriale mondiale, il a pu être démontré par Ollagnier *et al.* que le potassium n'est pas toujours nécessaire (expériences d'Indonésie sur palmiers à huile et cocotiers, des Philippines sur cocotiers) et que des réponses au chlorure de potassium, attribuées précédemment au potassium, devaient l'être en fait au chlore.

Il apparaît opportun, dans le cadre du séminaire 1980 de l'Institut international de la Potasse, de faire

le point sur ce problème chlore à la lumière des nombreuses publications faites sur le sujet.

Le but de cette communication est résolument pratique, avec quelques conclusions concernant le choix de l'engrais le mieux adapté à chaque situation.

L'augmentation régulière du prix des engrais alors que les prix des produits du palmier à huile et du cocotier sont soumis aux « caprices » des cours mondiaux, indique tout l'intérêt économique de cette question.

I. — PRINCIPAUX RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX OBTENUS AVEC KCl

Le palmier à huile et le cocotier sont cultivés sur des types de sol très divers, ce qui a justifié, entre autres, la mise en place de très nombreuses expériences étudiant cas par cas l'effet d'apports de chlorure de potassium sur la nutrition minérale et la production de ces deux plantes.

Bien entendu, les résultats quantitatifs et qualitatifs sont extrêmement variés.

Un regroupement de ceux-ci est cependant possible autour de deux réponses-types.

Réponse-type 1.

Suite aux apports de chlorure, seul le chlore est assimilé en quantité importante avec effet positif (le plus souvent significatif) sur la production, soit en huile de palme, soit en coprah.

Le potassium au contraire est soit très faiblement assimilé, soit au contraire légèrement déprimé.

Réponse-type 2.

Potassium et chlore sont tous deux parfaitement assimilés, de ce fait la production est en corrélation positive, aussi bien avec les niveaux de potassium qu'avec les niveaux de chlore.

Ces propositions sont illustrées par les résultats de quatre expériences, toutes de type factoriel, présentées dans le tableau I.

La série de graphiques de la figure 1 résume les résultats expérimentaux obtenus.

(1) Communication présentée au Séminaire sur le Potassium, 21 et 22 octobre 1980 à Abidjan (Côte-d'Ivoire).

(2) I. R. H. O. Station Cocotier Marc-Delorme ; 07-B. P. 13, Abidjan, 07 (Côte-d'Ivoire).

(3) I. R. H. O. Station de La Mé ; B. P. 13, La Mé par Bingerville (Côte-d'Ivoire).

TABLEAU I
Présentation et description sommaire des expériences (Brief presentation and description of experiments)

Type de réponse (Type of response)	Plante (Plant)	Expérience citée (Experiment)	Pays (Country)	Année de mise en place (Year set up)	Factoriel (Factorial)	Eléments principaux (Main elements)	Subdivision	Arbres utiles/ parcelle (Useful trees/plot)	Référence
1	Palmier à huile (Oil palm)	SA-CP 1	Colombie	1963	3 ^s	N, K, Mg	—	25	Ollagnier-Ochs [1]
	Cocotier (Coconut)	Bah-Lias	Indonésie (Sumatra)	1974	3 ^s	N, P, K	Mg	18	Rosenquist [2]
2	Palmier à huile (Oil palm)	DA-CP 13	Côte-d'Ivoire (Ivory Coast)	1964	4 ^s	K, Mg	Sulfate-chlorure (Sulphate-chloride)	22	—
	Cocotier (Coconut)	PB-CC 16		1970	3 ^s	P, K, Mg	N	24	Coomans [3]

II. — DISCUSSION DES RÉSULTATS

1. — Relations Cl et (K-Ca).

Le trait dominant de la réponse de **type 1** aux apports de KCl est la faible évolution des niveaux de K dans les feuilles, soit en hausse, soit en baisse.

L'absorption de l'ion Cl⁻ par les racines s'accompagne en général d'une augmentation de la somme des cations prélevés.

Ceci s'explique très vraisemblablement par la nécessité pour la plante de maintenir un « équilibre » électrique à l'intérieur des tissus.

Toutefois, la **proportion même des cations est modifiée**, à la suite de l'absorption de Cl⁻, sans qu'une loi générale puisse être mise en évidence.

Sideris et Young [4] signalent un synergisme Cl⁻/Ca⁺⁺ sur ananas, mentionné également par Niemann [5] sur carotte.

Sur palmier, Ollagnier [11] a montré qu'une augmentation des teneurs en chlore s'accompagne d'une évolution identique pour l'un ou l'autre des cations K, Ca, Mg ou pour leur somme.

Ceci attire l'attention sur la teneur en calcium et particulièrement en calcium échangeable des sols supportant les plantations de palmiers à huile ou de cocotiers (Tabl. II *ci-contre*).

On remarque que la réponse de **type 1** concerne des sols à calcium échangeable élevé (Ca éch. > 3-4 me/100 g entre 0 et 20 cm).

Pour ceux-ci, le synergisme Cl⁻/Ca⁺⁺ est manifeste, expliquant par la même occasion la faible réponse, ou la réponse négative, des niveaux de K aux apports de KCl (antagonisme K/Ca).

Tous les cas ne sont pas aussi caractéristiques que celui du SA-CP 1 de Colombie où la carence en chlore est incontestable (Tabl. III *ci-contre*).

Dans les cas intermédiaires, l'agronome doit raisonner avec prudence, une réponse positive aux apports de KCl pouvant être attribuée au potassium, alors qu'elle est due essentiellement au chlore.

De ce fait l'utilisation systématique du KCl pourrait entraîner une consommation de luxe en potassium ou des problèmes de déséquilibre avec d'autres cations (K et Mg notamment pour les cocotiers hybrides P-B 121 [3]).

On remarque de même que la réponse de **type 2** concerne les sols à calcium échangeable faible (Ca éch. < 0,4 me/100 g entre 0 et 20 cm).

Pour ces sols la tendance est inverse : l'absorption du chlore est associée à celle de K⁺, avec effet dépressif secondaire sur les niveaux de Ca⁺⁺ et Mg⁺ (Tabl. IV).

TABLEAU IV. — PB-CC 16 (Plantation 1970) :
Niveaux de Cl, K, Ca et Mg (p. 100 M. S., Feuille 14)
(PB-CC 16 — planted 1970 : Cl, K, Ca and Mg levels —
p. 100 d. m., leaf 14)

Traitements (Treatments)	Cl	K	Ca	Mg
KCl 0	0,230	0,551	0,373	0,227
KCl 1	0,435 **	1,384 **	0,280 **	0,153 **
KCl 2	0,662 **	1,702 **	0,225 **	0,130 **
p. p. d. s. } 5 p. 100	0,048	0,070	0,016	0,024
(L. s. d.) } 1 p. 100	0,066	0,097	0,022	0,033

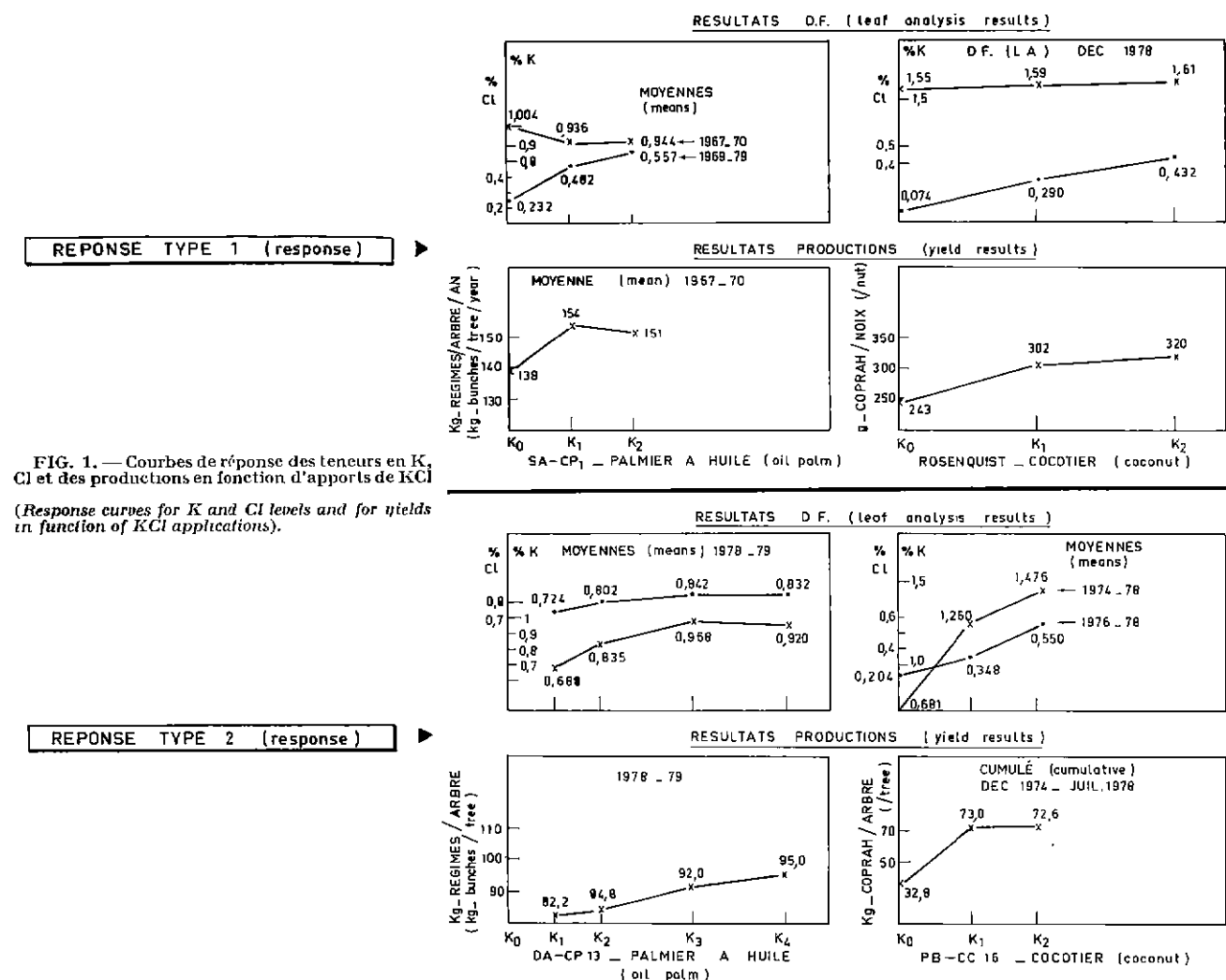


TABLEAU II. — Caractéristiques du complexe absorbant des sols des expériences étudiées
(Characteristics of the absorbant complex of the soils of the experiments studied)

Type de réponse (Type of response)	Plante (Plant)	Expérience (Experiment)	Profondeur (Depth) (cm)	pH	p. 100 N	Cations échangeables (Exchangeable cations) me/100 g			
						K	Mg	Ca	CEC
1	Palmier à huile (Oil palm)	SA CP 1	0-20	7,90	0,24	0,32	0,40	4,12	27,00
	Cocotier (Coconut)	Bah-Lias	0-20	4,55	0,15	0,40	0,77	3,78	10,46
			20-40	4,50	0,09	0,41	0,54	2,62	8,83
			40-80	4,41	0,05	0,47	0,64	1,56	8,46
2	Palmier à huile (Oil palm)	DA CP 13	0-30	4,58	0,072	0,05	0,12	0,21	3,37
	Cocotier (Coconut)	PB CC 16	30-50	4,88	0,053	0,05	0,06	0,14	3,17
			0-15	5,05	0,051	0,06	0,09	0,37	3,37
			15-30	5,00	0,040	0,05	0,06	0,30	3,15

TABLEAU III. — **SA-CP 1 (plantation 1963) : Niveaux de Cl, K et Ca (p. 100 M. S.)**
(SA-CP 1 — planted 1963 : Cl, K and Ca levels — p. 100 d. m.)

Traitements (Treatments)	1967-1971			1972-1976		
	Cl	K	Ca	Cl	K	Ca
KCl 0	0,227	0,997	0,676	0,159	0,845	0,703
KCl 1	0,506 **	0,935 **	0,714 **	0,439 **	0,805	0,752 **
KCl 2	0,570 **	0,937 **	0,720 **	0,536 **	0,788 *	0,789 **
p. p. d. s. { 5 p. 100 .	0,084 *	0,030 *	0,029 *	0,049 *	0,046 *	0,035 *
(L. s. d.) { 1 p. 100 .	0,116 **	0,041 **	0,040 **	0,068 **	0,064 **	0,048 **

Sur ces sols en général très pauvres en bases, l'agronome doit également faire preuve de circonspection, l'utilisation irraisonnée du KCl pouvant encore amener des problèmes de nutrition en magnésium et même en calcium (cette dernière déficience vient d'être récemment suspectée sur jeunes cocotiers de Côte-d'Ivoire).

2. — Niveaux critiques.

Chlore.

Les résultats expérimentaux précédemment décrits permettent de situer les **niveaux foliaires critiques** pour le chlore :

- Palmier à huile = 0,5 p. 100 de M. S.,
- Cocotier = 0,5 à 0,6 p. 100 de M. S.

Quel que soit le statut calcique des sols, les applications de KCl se traduisent par une augmentation des niveaux de chlore, que le niveau de départ soit très inférieur au niveau critique théorique (SA-CP 1) ou supérieur (DA-CP 13).

Dans ce dernier cas, les niveaux de chlore atteignent cependant un palier à 0,8 p. 100 de M. S.

Un niveau de chlore aussi élevé a fait craindre un effet dépressif sur la production. Néanmoins, cette hypothèse a pu être rejetée [Ollagnier et Ochs, 6].

Potassium.

Par contre, l'évolution des niveaux de potassium est très influencée par la capacité d'échange en calcium des sols.

Pour les **sols riches en Ca échangeable**, des apports répétés et importants de KCl pourraient diminuer les teneurs en potassium de façon suffisamment importante pour affecter les rendements et donc réduire d'autant l'expression de l'effet du chlore apporté par KCl [6].

Dans les autres sols, ce risque ne pourrait apparaître qu'à condition que la déficience en chlore soit corrigée par une source de chlore autre que KCl [7, 8].

3. — Aspect physiologique.

On peut se demander si les besoins élevés en chlore du palmier à huile et du cocotier relèvent d'un fonctionnement physiologique spécifique.

Apparemment, il s'agit plus d'un problème de bilan entre les disponibilités en chlore et les prélèvements de la plante.

Les disponibilités proviennent essentiellement des apports par les pluies qui peuvent être extrêmement variables d'une situation à une autre.

Mengel [9] cite des estimations, faites en Norvège, allant de 0,4 à 264 kg de chlore/ha/an.

Dans les conditions de Port-Bouët en Côte-d'Ivoire, les apports ont été de 67 kg de chlore/ha pour une pluviométrie de 2 479 mm (la pluviométrie moyenne est de 1 800 mm/an).

Parallèlement, Ouvrier et Ochs [10] situent les exportations annuelles d'une cocoteraie hybride, produisant 6,7 t de coprah/ha, à 125 kg de chlore/ha pour les seuls régimes.

Même sans tenir compte des pertes par lessivage au cours des mois à forte pluviométrie, le bilan « apport-prélèvement » est négatif, dans des conditions favorables à proximité de l'océan.

On comprend également que les déficiences soient particulièrement fréquentes dans les régions continentales.

III. — AUTRES FORMES D'APPORT DE CHLORE

Mis à part le simple chlorure de sodium, deux autres formes d'apport sont possibles :

- Chlorure d'ammonium : (26 p. 100 N-66 p. 100 Cl),
- Chlorure de magnésium : (12 p. 100 Mg-35 p. 100 Cl).

L'effet positif de l'absorption du chlore sur la somme des cations déjà signalé est valable également pour NH_4^+ . Ceci explique que le chlorure d'ammonium soit particulièrement indiqué pour la correction d'une carence en azote, associée à celle du chlore.

Dès 1972, Ollagnier [11] avait fait une proposition en ce sens pour des plantations de palmiers à huile du Nord Sumatra.

Magat [12] cite d'autres résultats spectaculaires sur cocotier aux Philippines, dans un réseau de champs de comportement (Tabl. V).

On notera que dans le cas d'une déficience en soufre associé, le chlorure d'ammonium peut être remplacé par un mélange chlorure de sodium-sulfate d'ammoniaque.

En présence d'une carence en magnésium, on peut être amené à utiliser avec avantage le chlorure de magnésium, qui présente une assimilation sensiblement plus rapide que la kieselrite comme cela fut observé à Sumatra [6].

IV. — CONSÉQUENCES PRATIQUES

Le praticien qui doit choisir une formule de fumure adaptée pour sa plantation de palmiers à huile ou sa cocoteraie ne dispose pas toujours des résultats d'une expérience de fumure à long terme, permettant de dresser un bilan précis, à la fois agronomique et économique.

Il doit alors étudier le problème en s'appuyant sur les données suivantes :

— résultats de diagnostic foliaire de contrôle permettant un **repérage** et surtout un **classement** des principales déficiences ;

— caractéristiques chimiques des sols considérés, en particulier capacité totale d'échange, calcium et potassium échangeables ;

— connaissance des autres facteurs limitants de la production (facteurs climatiques en particulier).

Pour ce qui concerne la nutrition en chlore, celle-ci est indissociable de la nutrition pour les autres cations (Ca^{++} , K^+ , Mg^+ , NH_4^+).

Quand le diagnostic foliaire indique un niveau de nutrition en chlore équivalent ou supérieur aux niveaux critiques définis précédemment, la fertilisation pourra

TABLEAU V. — Philippines — Production de champs de démonstration suivant le type de fumure
(Production of the performance trials according to the type of manuring)

Champ (Field)	Traitements (Treatments)	Nombre de récoltes (No. of harvests)	Production moyenne (Mean production)			P. 100 d'augmentation de la production (P. 100 production increase)		
			Coprah/ noix (nut) (g)	Nombre de noix (No. of nuts)	Coprah/ arbre (tree) (kg)	Coprah/ noix (nut) (g)	Nombre de noix (No. of nuts)	Coprah/ arbre (tree) (kg)
Oppus/ Davao City	A Témoin (Control)	15	302	126,4	38,13	—	—	—
	B NH_4Cl		355	167,2	59,34	18	32	56
Mendoza/ Davao Norte	A Témoin (Control)	12	268	137,2	36,84	—	—	—
	B NH_4Cl		318	155,2	49,43	19	13	34
Cutzon/ Davao City	A Témoin (Control)	13	230	120,7	27,81	—	—	—
	B $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KCl}$		253	163,2	41,32	10	35	49
	C NH_4Cl		263	142,9	37,54	14	12	35
Ladores/ Davao Norte	A Témoin (Control)	16	287	72,8	20,90	—	—	—
	B $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$		310	125,6	38,96	8	72	86
	C NH_4Cl		308	109,9	33,81	7	51	62
Clarín/ Misamis Oriental	A Témoin (Control)	12	267	38,4	10,32	—	—	—
	B $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$		303	138,6	42,00	13	261	307
	C NH_4Cl		302	127,6	38,60	13	233	274
Cagampang/ Misamis Oriental	A Témoin (Control)	12	222	91,2	20,15	—	—	—
	B $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$ (1)		273	109,6	29,81	23	20	48
	C NH_4Cl		317	135,1	42,78	43	48	112

(1) Application à compter de novembre 1977. La production est enregistrée jusqu'en avril 1978. Les applications d'engrais ont eu lieu d'août 1975 à avril 1978. (Application from November 1977. Production is recorded up to April 1978. Fertilizer applications were made from August 1975 to April 1978).

TABLEAU VI. — Choix des engrais à utiliser dans le cas d'une déficience prononcée en chlore
et en fonction des autres déficiences (Choice of fertilizers in the case of a pronounced Cl deficiency
and in function of other deficiencies)

Analyse chimique du sol (Chemical analysis of soil) (me/100 g) (1)		Déficiences au niveau des arbres (Deficiencies in the trees)			
Ca échangeable (exchangeable) (2)	K	Potassium	Azote (Nitrogen)	Magnésium	Soufre (Sulphur)
élevé (high) > 3,0	élevé (high) > 0,4	Pas de déficience (No deficiency) Produit chloré le plus économique (Cheapest chlorated product)	NH_4Cl	MgCl_2	Produit chloré le plus économique (Cheapest chlorated product) + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	faible (low) ≤ 0,4	KCl alterné avec (alternated with) K_2SO_4	NH_4Cl + KCl alterné avec (alternated with) K_2SO_4	MgCl_2 + KCl alterné avec (alternated with) K_2SO_4	KCl alterné avec (alternated with) K_2SO_4 + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (si nécessaire — if necessary)
faible (low) < 0,4	faible à moyen (low to mean)	KCl	KCl + NH_4Cl ou forme N la plus économique (or most economic N form)	KCl + MgCl_2 ou (or) kiesérite	KCl + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

(1) Les limites de classes pour Ca et K échangeables ne peuvent être qu'indicatives (The class limits for exchangeable Ca and K can only be indicative).

(2) Les sols présentant des teneurs en Ca échangeable moyennes présenteront des réactions plus difficiles à quantifier et le diagnostic foliaire sera là d'un précieux secours (The reactions will be more difficult to quantify in soils with average exchangeable Ca levels, and here leaf analysis will be a precious help).

faire indifféremment appel à un engrais chloré ou non chloré, puisque aucun effet dépressif d'un excès de chlore est à craindre.

Les critères de choix seront la correction des principales déficiences et le prix des engrais.

Quand le diagnostic foliaire indique une déficience forte en chlore et qu'il apparaît indispensable de prévoir l'utilisation d'un engrais chloré, le choix de celui-ci devra être raisonné. La « clef » suivante pourrait être utilisée (Tabl. VI).

CONCLUSION

Qu'il s'agisse du palmier à huile ou du cocotier, le facteur chlore doit être inclus dans le raisonnement et le calcul des fumures à apporter.

Il s'ajoute donc aux éléments classiques N, P, K, Mg mais sans compliquer considérablement le choix de la formule d'engrais la mieux adaptée.

Les teneurs en chlore des feuilles sont, la plupart du temps, étroitement liées à celles en cations Ca, K, Mg

ou même à l'azote (par l'intermédiaire de l'ion NH_4^+). La composition de la solution de sol ne sera donc pas indifférente. C'est ainsi que dans les sols à **calcium échangeable élevé**, si le KCl supprime aisément toute déficience en chlore, il peut entraîner, par contre, des réductions de teneurs en potassium : K de l'engrais est fixé sur le complexe libérant Ca mis en solution en présence de Cl et absorbé préférentiellement par les racines (synergisme Ca/Cl). L'antagonisme Ca/K explique la baisse corrélative des teneurs en K au niveau des feuilles.

Dans ces types de sols, le chlorure de potassium s'avère donc souvent inadapté pour corriger une déficience potassique.

Le tableau VII présente une liste, non exhaustive, de sols où un problème de ce genre peut se poser.

Dans le cas de sols à **calcium échangeable faible**, le chlorure de potassium apparaît au contraire comme l'une des formes les plus intéressantes pour correction d'une déficience en chlore, et de la déficience en potassium qui peut lui être associée. Son action pourra être éventuellement renforcée par l'apport d'un autre chlorure (NH_4Cl ou MgCl_2) susceptible d'assurer une nutrition satisfaisante en N ou en Mg.

TABLEAU VII. — Quelques types de sols à complexe absorbant riche en Ca échangeable

Continent	Pays	Type de sol	Plante
Amérique (Sud)	Colombie Equateur Pérou	Alluvions fluviales Andosols Alluvions fluviales	Palmier à huile Palmier à huile Palmier à huile
Afrique	Cameroun	Alluvions marines	Palmier à huile
Asie	Indonésie	Lipariliques ou alluviaux	Palmier à huile
		Jaunes rouges podzoliques	Cocotier
	Philippines	Limons argileux	Cocotier
Océanie	Papouasie Nouvelle-Guinée	Andosols Volcaniques	Palmier à huile (Cocotier ?)
	Nouvelles-Hébrides	Rouges ferrallitiques volcaniques	Cocotier

Enfin, en l'absence de déficience en chlore, les engrais chlorés, et en particulier le KCl, pourront être utilisés sans problème, dans la mesure où l'effet dépressif d'un excès de chlore n'est pas à craindre.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] OLLAGNIER M., OCHS R. (1971). — Le chlore, nouvel élément essentiel dans la nutrition du palmier à huile. *Oléagineux*, 26, N° 1, p. 1-15.
- [2] ROSENQUIST E. A. (1980). — A coconut fertilizer trial on the podzolic soils of North Sumatra. *Oléagineux*, 35, N° 5, p. 241-246.
- [3] COOMANS P. (1977). — Premiers résultats expérimentaux sur la fertilisation des cocotiers hybrides en Côte-d'Ivoire. *Oléagineux*, 32, N° 4, p. 155-166.
- [4] SIDERIS C. P., YOUNG H. Y. (1954). — Effect of chlorides on the metabolism of pineapple plants. *Am. J. Bot.*, 41, p. 847-854.
- [5] NIEMANN J. (1955). — Ein Beitrag zur Ernährung der Garten-Mohre unter besonderer Berücksichtigung des Wasserhaushaltes. *Z. Pflanzenernähr. Dung. Bodenk.*, 71, N° 116, p. 19-33.
- [6] OLLAGNIER M., OCHS R., DANIEL C. (1976). — The chlorine nutrition of oil palm and coconut. Application to fertilization. *Document I. R. H. O.*, N° 1297 (non publié).
- [7] VON UEXKULL H. R. (1972). — Response of coconuts to potassium chloride in the Philippines. *Oléagineux*, 27, N° 1, p. 13-19.
- [8] MAGAT S. S., CADIGAL V. L., HABANA J. A. (1975). — Yield improvement of coconut in elevated inland area of Davao (Philippines) by KCl fertilization. *Oléagineux*, 30, N° 10, p. 413-418.
- [9] MENGEL K., KIRBY E. A. (1978). — *Principles of plant nutrition*. Internat. Potash Inst., Berne, Switzerland, 593 p.
- [10] OUVRIER M., OCHS R. (1977). — Exportations minérales du cocotier hybride PB 121. *Oléagineux*, 32, N° 10, p. 409-426.
- [11] OLLAGNIER M. (1973). — La nutrition anionique du palmier à huile. Application à la détermination d'une politique de fumure minérale à Sumatra. *Oléagineux*, 28, N° 1, p. 1-10.
- [12] MAGAT S. S. (1979). — The use of leaf analysis in the conduct of coconut field fertilizer trials in the Philippines. *Philipp. J. Cocon. Stud.*, 4, N° 1, p. 32-38.

SUMMARY

An aspect of anionic nutrition in the oil palm and coconut. Problem of chlorine.

G. de TAFFIN and P. QUENCEZ, *Oléagineux*, 1980, 35, N° 12, p. 539-546.

The importance of chlorine in the mineral nutrition of oil palm and coconut, brought to the fore in 1971 by Ollagnier and Ochs, is now accepted by most research workers. If, on the ferrallitic soils of West Africa, potassium is one of the pivots of oil palm and coconut manuring, most often applied in the form of potassium chloride, Ollagnier *et al.* were able to show that potassium is not always necessary and that responses to potassium chloride often result from the effect of chlorine. On the outcome of the interpretation of results from very numerous experiments studying, case by case, the effect of potassium chloride applications in various situations, the authors have shown that leaf Cl levels are nearly always closely linked to those of the Ca, K, Mg or even N cations. Thus, in soils with a high exchangeable Ca content, potassium chloride is frequently inadequate to correct a potassic deficiency, whereas when there is a low exchangeable Ca level, on the contrary, KCl appears to be one of the best forms for the correction of a Cl deficiency and the K deficiency which may be associated with it. Finally, the authors demonstrate that where there is no chlorine deficiency, chlorated fertilizers, particularly KCl, can be used without problem.

RESUMEN

Aspecto de la nutrición aniónica en la palma aceitera y el cocotero. Problema del cloro.

G. de TAFFIN y P. QUENCEZ, *Oléagineux*, 1980, 35, N° 12, p. 539-546.

La mayoría de los investigadores reconocen ahora la importancia del elemento cloro en la nutrición mineral de la palma aceitera y del cocotero, que Ollagnier y Ochs demostraron en 1971. Si es cierto que en los suelos ferralíticos del África occidental, el potasio constituye uno de los elementos principales de la fertilización de la palma y del cocotero, que se aplica las más veces bajo la forma de cloruro de potasio, Ollagnier *y al.* han mostrado que el potasio no siempre es necesario y que las respuestas al cloruro de potasio resultan muchas veces del efecto del cloro. Como resultado de la interpretación de los resultados de experiencias muy numerosas que estudian caso por caso el efecto de aportaciones de cloruro de potasio en diversas situaciones, los autores han mostrado que los contenidos de cloro de las hojas se encuentran las más veces estrechamente vinculados a los de cationes Ca, K, Mg o hasta nitrógeno. Así es como en los tipos de suelos de elevado calcio intercambiable, el cloruro de potasio resulta muchas veces poco conveniente en la corrección de una deficiencia potásica, cuando en los tipos de suelos de bajo calcio intercambiable, el cloruro de potasio aparece al contrario una de las formas más interesantes para corregir una deficiencia de cloro y una deficiencia de potasio que puede estar asociada con la misma. Los autores muestran por último que a falta de deficiencia de cloro se podrá utilizar sin problema los fertilizantes clorados, especialmente el cloruro de potasio.

An aspect of anionic nutrition in the oil palm and coconut. Problem of chlorine (1)

G. de TAFFIN (2), P. QUENCEZ (3)

INTRODUCTION

The importance of chlorine in oil palm and coconut nutrition is now accepted by most research workers. This is a recent acquisition, as it was not until 1971 that Ollagnier and Ochs [1] proved that chlorine is an essential element in oil palm nutrition, and advanced the hypothesis that the same applied to coconut.

Since then, their theories have been amply confirmed :

— chlorine deficiency has been found to be fairly widespread, even in growing zones quite close to the sea ;

— such deficiencies can be corrected easily by chloride dressings, the Cl form being very well assimilated by both oil palm and coconut.

Thus, analysis of the chlorine datum enters into the interpretation of most mineral nutrition experiments, whether its study is specifically included in the trial plan or not.

On the ferrallitic soils of West African, the tertiary and quaternary sands, potassium is one of the pivots of oil palm and coconut manuring, potassium chloride being the form most frequently used as it is more economical and provides chlorine at the same time.

On the other hand, in various other situations round the tropical belt, Ollagnier *et al.* were able to show that potassium is not always necessary (experiments in Indonesia on oil palm and coconut and in the Philippines on coconut) and that responses to potassium chloride, hitherto attributed to the potassium, should in fact have been credited to chloride.

The 1980 Seminar of the International Potash Institute seems to offer a good occasion to sum up the chlorine problem in the light of the many publications on the subject.

The aim of this communication is resolutely practical, with a few conclusions as to the choice of fertilizers best adapted to each situation.

The regular increase in fertilizer prices whilst those of oil palm and coconut products suffer the caprices of the world markets confer great economic interest to this question.

I. — MAIN EXPERIMENTAL RESULTS OBTAINED WITH KCl

Oil palm and coconut are grown on very varied soil types, a fact which, amongst others, has justified the very numerous experiments studying case by case the effect of potassium chloride applications on the mineral nutrition and yield of both plants.

Naturally, the qualitative and quantitative results are extremely varied. Nevertheless, it is possible to regroup them round two typical responses :

Type 1 response.

Following chloride applications, only the chlorine is assimilated in large quantities, with a positive effect (usually significant) on the yield of either palm oil or copra. On the contrary, very little potassium is assimilated or the level is even slightly depressed.

Type 2 response.

Potassium and chloride are both perfectly assimilated, and as a result yield is in positive correlation with both the K and Cl levels.

These responses are illustrated by the results of four experiments, all of the factorial type, presented in Table I.

The series of graphs in Figure 1 sums up the experimental results.

(1) Communication presented to the Potassium Seminar, 21st.-22nd, October 1980, Abidjan (Ivory Coast).

(2) Mare-Delorme Coconut Station, I. R. H. O., 07 B. P. 13, Abidjan 07 (Ivory Coast).

(3) I. R. H. O., La Me Station, B. P. 13, La Me par Bingerville (Ivory Coast).

II. — DISCUSSION OF RESULTS

1. — Cl and (K-Ca) relationships.

The dominant feature of the **type 1** response to KCl applications is the very small change in the K levels in the leaves, either up or down.

The absorption of the Cl⁻ ion by the roots is usually accompanied by an increase in the sum of the cations removed.

This is very probably explained by the plant's need to maintain an electric « balance » within the tissues.

However, **the very proportion of the cations is modified** following the absorption of Cl⁻, without it being possible to discover any general rule.

Sideris and Young [4] report a Cl⁻/Ca⁺⁺ synergism in pineapple, also mentioned by Niemann [5] in carrots.

With oil palm, Ollagnier [11] has shown that an increase in the Cl levels goes hand in hand with a similar trend in those of one or other of the cations K, Ca and Mg or their sum.

This draws attention to the Ca level and in particular to that of exchangeable Ca in the soils supporting oil palm or coconut plantations (Table II).

It will be noted that the **type 1** response concerns soils with a high exchangeable Ca :

Exch. Ca > 3-4 me/100 g between 0 and 20 cm.

In such soils, the Cl⁻/Ca⁺⁺ synergism is evident, by the same occasion explaining the poor or negative response of the K levels to KCl dressings (K/Ca antagonism).

All cases are not as characteristic as that of SA-CP 1 in Colombia, where there is indubitably a Cl deficiency (Table III).

In intermediate cases, the agronomist has to reason cautiously, as a positive response to KCl dressings can be attributed to K whereas it is mainly due to Cl.

Because of this, the systematic use of KCl could lead to luxury consumption of potassium or to imbalance with other cations (notable K and Mg for the hybrid coconut PB 121 [3]).

The **type 2** response will be seen to occur in soils with low exchangeable Ca :

Exch. Ca < 0.4 me/100 g between 0 and 20 cm.

Here, there is the opposite tendency : the absorption of Cl is associated with that of K⁺, with a secondary depressive effect on the Ca⁺⁺ and Mg⁺ levels (Table IV).

On such soils, usually very poor in bases, the agronomist must also be circumspect, as the unreasoned use of KCl can once again lead to Mg and even Ca nutrient problems (a Ca deficiency has recently been suspected on young coconuts in the Ivory Coast).

2. — Critical levels.

Chlorine.

The experimental results described above make it possible to situate **critical leaf levels** for chlorine :

— Oil Palm : 0.5 p. 100 dry matter,

— Coconut : 0.5-0.6 p. 100 d.m.

Whatever the calcium status of the soils, KCl applications lead to an increase in the Cl contents, whether the starting level is very much below the theoretical critical threshold (SA-CP 1) or above it (DA-CP 13). However, in the latter case, the Cl contents level out at 0.8 p. 100 d. m.

Such a high Cl level raised fears of a depressive effect on yield, but it was possible to reject this hypothesis [Ollagnier and Ochs, 6].

Potassium.

On the contrary, the evolution of the K levels is very much influenced by the Ca exchange capacity of the soils.

Where soils are rich in exchangeable Ca, repeated heavy KCl manuring could lower the K levels sufficiently to affect yield and thus reduce in the same measure the expression of the effect on the chlorine provided by the KCl [6].

In the other soils there is no risk of this unless the chlorine deficiency is corrected by a source of this element other than KCl [7, 8].

3. — Physiological aspect.

It can be asked whether the high requirement for chlorine of the oil palm and coconut is related to some specific physiological function.

Apparently it is more a question of a balance between the availability of Cl and the uptake of the plant. The available chlorine comes from contributions by the rains, which can vary considerably from one place to another. Mengel [9] has quoted estimates made in Norway and which range from 0.4 to 264 kg of chlorine/ha/year. In the conditions of Port Bouet, Ivory Coast, the input has been 67 kg Cl/ha for 2 479 mm rainfall (the average rainfall is 1 800 mm/year).

In parallel with this, Ouvrier and Ochs [10] situate the annual exports of a hybrid coconut plantation producing 6.7 t of copra/ha at 125 kg Cl/ha in the bunches alone.

Even without allowing for losses by leaching during the heavy rainfall months, the balance « input-uptake » is negative, even in favourable conditions close to the ocean. It is understandable that deficiencies are particularly frequent in inland regions.

III. — OTHER FORMS OF CHLORINE APPLICATION

Apart from ordinary sodium chloride, two other forms are possible :

- ammonium chloride : 26 p. 100 N-66 p. 100 Cl,
- magnesium chloride : 12 p. 100 Mg-35 p. 100 Cl.

The positive effect of Cl absorption on the sum of the cations which we have mentioned already also applies to NH_4^+ , which explains why ammonium chloride is specially indicated for the correction of an N deficiency associated with one in Cl. In 1972, Ollagmer [11] suggested application in this form for the oil palm plantations in North Sumatra...

Magat [12] mentions other spectacular results on coconut in the Philippines, in a network of performance trials (Table V).

It will be noted that where there is an associated sulphur deficiency, ammonium chloride can be replaced by a sodium chloride-ammonium sulphate compound.

When there is a Mg deficiency, magnesium chloride can be used advantageously ; its assimilation is appreciably more rapid than that of Kieserite, as was observed in Sumatra [6].

IV. — PRACTICAL CONSEQUENCES

The planter who has to choose a manuring formula adapted to his oil palm or coconut plantation does not always dispose of the results of long-term fertilizer experiments which would enable him to draw up a precise balance sheet, both agronomic and economic.

Consequently, he must work out his solution on the basis of the following data :

- results of control leaf analyses, enabling the detection and, above all, the classification of the main deficiencies ;
- the chemical characteristics of the soils in question, particularly total exchange capacity and exchangeable Ca and K ;
- a knowledge of the other factors limiting yield, especially climate.

As regards Cl nutrition, it cannot be dissociated from that of the other cations (Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} , NH_4^+).

When leaf analysis shows a Cl level equal to or above the critical levels previously defined, it does not matter whether the fertilization is chlorated or not, since no depressive effect of excess Cl is to be feared. The criteria for choice will be the correction of the principal deficiencies and the price of the fertilizers.

If leaf analysis indicates a severe Cl deficiency and the use of chlorated fertilizer appears indispensable, then the choice must be a reasoned one. The following « key » can be used (Table VI).

CONCLUSION

Whether oil palm or coconut is concerned, the Cl factor must be included in the working out and calculation of the manuring to be given.

It is therefore added to the standard elements, N, P, K, Mg, but without much complicating the choice of the best-adapted fertilizer formula.

Most of the time, the leaf Cl levels are closely linked to those of the Ca, K, Mg or even N cations (to the latter via the NH_4^+ ion). The composition of the soil solution is therefore not without importance. It is in this respect that in soils with a high exchangeable calcium rate, while KCl easily corrects and Cl deficiency it can, on the contrary, lead to a reduction in potassium contents : the K in the fertilizer is fixed on the complex liberating Ca forming a solution in the presence of Cl and preferentially absorbed by the roots (synergism Ca/Cl). The Ca/K antagonism explains the correlative drop in the K levels in the leaves.

In these types of soils, therefore, potassium chloride often proves inadequate to correct a potassic deficiency.

Table VII gives a list, which is not exhaustive, of soils on which a problem of this kind may arise.

TABLE VII. — A few types of soils with an absorbant complex rich in exchangeable Ca

Continent	Country	Type of soil	Plant
America (South)	Colombia	River deposit	Oil palm
	Ecuador	Andosols	Oil palm
	Peru	River deposit	Oil palm
Africa	Cameroon	Tidal deposition	Oil palm
Asia	Indonesia	Liparitic or alluvial	Oil palm
		Yellow-red podzolic	Coconut
	Philippines	Clay loams	Coconut
Oceania	Papua New Guinea	Andosols Volcanic	Oil palm (Coconut ?)
	New Hebrides	Red ferrallitic volcanic	Coconut

In the case of soils with a low exchangeable Ca rate, on the contrary, potassium chloride appears as one of the most advantageous forms for the correction of a Cl deficiency and that in K which may accompany it. If necessary its action may be reinforced by application of another chloride (NH_4Cl or MgCl_2) likely to ensure satisfactory N or Mg nutrition.

Finally, in the absence of a Cl deficiency, chlorated fertilizers, particularly KCl, can be used without problem insofar as the depressive effect of excess chlorine is not to be feared.

